

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月 8日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-198474

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-198474 ]

出 願 人

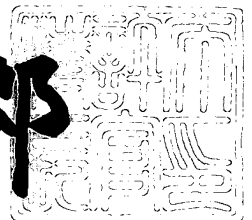
Applicant(s):

名古屋大学長

2002年 8月16日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3062588

【書類名】 特許願

【整理番号】 U2002P033

【提出日】 平成14年 7月 8日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 B22D 11/00

【発明の名称】 導電性流体への振動伝播方法及びこれを用いた溶融金属  
の凝固方法

【請求項の数】 10

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県名古屋市千種区千代が丘1 0 8 - 9 0 7

    【氏名】 岩井 一彦

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県名古屋市緑区鳴海町薬師山1 1 2

    【氏名】 浅井 滋生

【発明者】

    【住所又は居所】 フランス国 3 8 4 0 2 サンマルタン デール ビー  
    ビー 9 5 イーエヌエスエイチエムジー ラボラトリ  
    ー イーピーエムーマディラム

    【氏名】 ルネ モロー

【特許出願人】

    【識別番号】 391012224

    【氏名又は名称】 名古屋大学長 松尾 稔

【代理人】

    【識別番号】 100072051

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

    【識別番号】 100059258

    【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709851

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 導電性流体への振動伝播方法及びこれを用いた溶融金属の凝固方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁場印加方向に対して垂直な方向の導電性流体長さを  $l_{\perp}$  (m)、 $\delta = (2 / \sigma \mu \omega)^{1/2}$ 、及び  $\lambda_{\parallel} = 2 \pi B / \omega (\rho \mu)^{1/2}$  とした場合において、

$$l_{\perp} > \delta \quad (1)$$

及び

$$\lambda_{\parallel} > \delta \quad (2)$$

( $\sigma$  : 導電性流体の電気伝導度 (S/m)、 $\mu$  : 透磁率 (H/m)、 $\omega$  : 印加する波動の角周波数 (rad/s)、 $B$  : 印加する静磁場の大きさ (T)、 $\rho$  : 導電性流体の密度 (kg/m<sup>3</sup>)) なる条件を満足するように、導電性流体に対して所定の磁場及び所定の波動を印加して、前記導電性流体内に所定の振動を生成させ、伝播させるようにしたことを特徴とする、導電性流体への振動伝播方法。

【請求項 2】  $l_{\perp} > \lambda_{\parallel} \quad (3)$

なる条件を満足するように、前記導電性流体に対して前記磁場及び前記波動を印加するようにしたことを特徴とする、請求項 1 に記載の振動伝播方法。

【請求項 3】 前記導電性流体に対する前記波動の印加は、外部交流電源より所定の交流電界を印加することによって実施することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の導電性流体への振動伝播方法。

【請求項 4】 前記導電性流体内において、前記静磁場に起因した磁場の擾乱が対流支配によって伝播することを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一に記載の導電性流体への振動伝播方法。

【請求項 5】 前記導電性流体内にアルフベン波を生成させ、前記導電性流体内前記アルフベン波を伝播させることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の導電性流体への振動伝播方法。

【請求項 6】 溶融金属を冷却して凝固させる過程において、磁場印加方向に対して垂直な方向の前記溶融金属長さを  $l_{\perp}$  (m)、 $\delta = (2 / \sigma \mu \omega)^{1/2}$ 、

及び  $\lambda_{\parallel} = 2 \pi B / \omega (\rho \mu)^{1/2}$  とした場合において、

$$l_{\perp} > \delta \quad (1)$$

及び

$$\lambda_{\parallel} > \delta \quad (2)$$

( $\sigma$  : 導電性流体の電気伝導度 (S/m)、 $\mu$  : 透磁率 (H/m)、 $\omega$  : 印加する波動の角周波数 (rad/s)、 $B$  : 印加する静磁場の大きさ (T)、 $\rho$  : 導電性流体の密度 (kg/m<sup>3</sup>)) なる条件を満足するように、前記溶融金属に対して所定の磁場及び所定の波動を印加して、前記溶融金属内に所定の振動を生成させ、伝播させるようにしたことを特徴とする、溶融金属の凝固方法。

【請求項 7】  $l_{\perp} > \lambda_{\parallel}$  (3)

なる条件を満足するように、前記導電性流体に対して前記磁場及び前記波動を印加するようにしたことを特徴とする、請求項 6 に記載の振動伝播方法。

【請求項 8】 前記溶融金属に対する前記波動の印加は、外部交流電源より所定の交流電界を印加することによって実施することを特徴とする、請求項 6 又は 7 に記載の溶融金属の凝固方法。

【請求項 9】 前記溶融金属内において、前記静磁場に起因した磁場の擾乱が対流支配によって伝播することを特徴とする、請求項 6 ～ 8 のいずれかに記載の溶融金属の凝固方法。

【請求項 10】 前記溶融金属内にアルフベン波を生成させ、前記溶融金属内に前記アルフベン波を伝播させることを特徴とする、請求項 6 ～ 9 のいずれかに記載の溶融金属の凝固方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、導電性流体への振動伝播方法、及びこれを用いた溶融金属の凝固方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

溶融状態にある液体金属に振動を付与することにより凝固組織の制御や精錬の

高効率化が可能となる。例えば、過冷液体金属に機械的衝撃を与えることにより凝固が開始する現象は良く知られている。また、溶融状態にある液体金属の凝固中に振動を与えることによって微細な組織が得られることや、疎密波を印加することによって脱ガス反応が促進されることも知られている。

#### 【0003】

実験室規模において、例えば、液体金属を容れた容器全体に機械的な振動を付与すれば、前記液体金属に所定の振動を簡易に付与することができるが、大規模な工業プロセスにおいては巨大な容器全体を機械的に振動させるのは困難を極める。そこで、磁歪振動子や電歪振動子を液体金属内に配置し、前記液体金属のみに振動を付与することが行われている。また、スピーカーなどで疎密波を発生させ、これを液体金属中に導入して振動を付与する方法なども試みられている。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した電歪振動子や磁歪振動子を用いる方法では、これら振動子の溶損による汚染や破壊の問題が生じるとともに、振動子の出力限界などによって付与することのできる振動の大きさに限界があった。また、スピーカーを用いる方法においては、液体金属と外部の大気との間の音響抵抗が大きくことなるために、前記スピーカーより発せられる疎密波はその界面においてほぼ全反射されてしまい、前記液体金属内部に所望の振動を付与することができないでいた。

したがって、現状においては、工業的大規模に実用化できるような、液体金属への振動伝播方法が存在しないのが現状である。

#### 【0005】

本発明は、工業的大規模に実現することが可能な、液体金属への新規な振動伝播方法を提供することを目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく、本発明は、磁場印加方向に対して垂直な方向の導電性流体長さを  $l_{\perp}$  (m)、 $\delta = (2 / \sigma \mu \omega)^{1/2}$ 、及び  $\lambda_{\parallel} = 2 \pi B / \omega$  ( $\rho$

$\mu)^{1/2}$ とした場合において、

$$l_{\perp} > \delta \quad (1)$$

及び

$$\lambda_{\parallel} > \delta \quad (2)$$

( $\sigma$  : 導電性流体の電気伝導度 ( $S/m$ )、 $\mu$  : 透磁率 ( $H/m$ )、 $\omega$  : 印加する波動の角周波数 ( $rad/s$ )、 $B$  : 印加する静磁場の大きさ ( $T$ )、 $\rho$  : 導電性流体の密度 ( $kg/m^3$ )) なる条件を満足するように、導電性流体に対して所定の磁場及び所定の波動を印加して、前記導電性流体内に所定の振動を生成させ、伝播させるようにしたことを特徴とする、導電性流体への振動伝播方法に関する。

【0007】

本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意検討を実施した。そして、従来の機械的な振動、並びに電歪振動子やスピーカーなどを用いる代わりに、熔融状態にある液体金属などの導電性流体に対して電磁力を印加し、これによって前記導電性流体中に所定の振動を発生させ、これを伝播させることを想到した。

【0008】

従来より、前記液体金属などの導電性流体中には一般に疎密波しか伝播しないことが知られている。これに対して、上述したような電磁力によって生じる振動は横波に起因するものである。したがって、前記導電性流体中に電磁力を用いて振動を生成し伝播させるには、前記導電性流体中に横波を生成させて伝播させる必要がある。このため、本発明者らは、導電性流体中に電磁力によって横波を生成及び伝播させるべく種々検討を行った。

【0009】

導電性流体に比較的大きな磁場を印加すると、前記導電性流体内における磁場の擾乱が対流支配で伝播するようになる。すなわち、磁場印加中において前記導電性流体が運動すると、誘導電流が発生して前記磁場分布が変化し、磁束線があたかも流体粒子に張り付いているようにして移動する。

【0010】

そして、このような現象が生じている場合において、ある特定の条件を満足す

るように磁場及び波動を印加することによって、前記導電性流体内に横波を生じさせることができるとともに、この横波を伝播させることができることを見出した。結果として、導電性流体中に電磁力によって所定の振動、すなわち横波を生成し、伝播させることができることを見出した。本発明は上述したような膨大な研究の結果としてなされたものである。

#### 【0011】

本発明の導電性流体への振動伝播方法によれば、磁場及び波動のみを用いた電磁力によって導電性流体内に振動を発生及び伝播させるようにしている。したがって、大規模な装置を必要とすることなく、比較的簡易に前記導電性流体内に前記振動を発生及び伝播させることができる。このため、本発明の導電性流体への振動伝播方法は工業化して大規模な生産を行う場合においても、好適に用いることができる。

#### 【0012】

なお、本発明の好ましい態様においては、

$$l \perp > \lambda \quad (3)$$

なる条件を満足するように、前記導電性流体に対して前記磁場及び前記波動を印加する。これによって、前記導電性流体内において前述したような振動をより簡易に生成し、伝播させることができるようになる。

#### 【0013】

本発明の導電性流体への振動伝播方法は、例えば、溶融状態にある液体金属の凝固方法などにおいて好適に用いることができる。この場合、溶融金属を凝固させる過程において、上述した条件を満足するように磁場及び波動を前記溶融金属に印加する。すると、凝固組織の大きさを自在に制御することができ、微細化した凝固組織を簡易に得ることができる。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

本発明においては、上記（１）及び（２）式を満足するようにして所定の磁場と所定の波動とを導電性流体に印加することが必要である。上記（１）及び（２）



）式を満足すれば、前記波動の種類は限定されず、如何なる振動数の波動をも使用することができる。例えば、液体金属の凝固などの実用においては、液体金属の電気伝導度が  $10^5 \sim 10^7 \text{ S/m}$  であり、密度が  $10^3 \sim 10^4 \text{ kg/m}^3$  であるため、数 T から数十 T の磁場を印加すれば、数百 Hz から数千 Hz の振動数の波動を印加することによって上記（１）及び（２）式を満足する。

## 【 0 0 1 5 】

このとき、前記導電性流体内においては、静磁場に起因した磁場の擾乱が対流支配で伝播し、磁場分布対流支配状態となっている。したがって、前記導電性流体内に電磁力に起因した横波を生成し、伝播させることができるようになる。この結果、前記導電性流体内に前記横波に伴う振動を生成し、伝播させることができる。

## 【 0 0 1 6 】

上記のような大きさの磁場は、例えば超電導磁石などを用いることによって得ることができる。また、上記程度の振動数を有する波動は例えば、所定の外部交流電源を用い、これから出力される交流電場を用いることができる。すなわち、上記（１）及び（２）式を満足するような磁場及び電場は、超伝導磁石及び交流電源を用いるのみで簡易に得ることができる。

## 【 0 0 1 7 】

なお、上述したように、本発明においては上記（３）式を満足するように、前記導電性流体に対して前記磁場及び前記波動を印加することが好ましい。この要件は、上述した超電導磁石や交流電源を用い、これらから生成される磁場の大きさ及び波動の周波数を適宜に制御することによって満足させることができる。

## 【 0 0 1 8 】

また、上記（１）～（３）式を満足する場合に生成される上記横波はアルフベン波と推定される。アルフベン波は、天文物理学、プラズマ工学の分野においては研究されているが、工業的な分野においてはほとんど研究されておらず、したがって、その利用方法に対する試みもあまりなされていないのが現状である。このため、アルフベン波の工業的な利用という観点からも、本発明は極めて重要である。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の導電性流体への振動伝播方法は、種々の工業的用途への応用が可能である。特に溶融状態にある液体金属の凝固過程において用いることによってその凝固組織を自在に制御することができ、微細な凝固組織を得ることができる。また、脱ガス、精錬反応促進、固液界面形態制御などの用途においても好適に用いることができる。

以下、実施例において、本発明の導電性流体への振動伝播方法を溶融金属の凝固に際して用いた場合について詳述する。

## 【 0 0 2 0 】

## 【実施例】

## (実施例)

本実施例においては図 1 に示すような装置を用い、 $\text{Sn}-10\text{mol}\%\text{Pb}$  合金（以下、「 $\text{SnPb}$  合金」という）の凝固を実施した。図 1 に示す装置においては、ガラス製の円筒容器 1（内径 30 mm、高さ 150 mm）中に互いに対向した銅製電極 2-1 及び 2-2 が配置されている。また、銅製電極 2-1 及び 2-2（各々幅 10 mm、厚さ 2 mm）の端には外部交流電源 3 が接続されている。そして、銅製電極 2-1 及び 2-2 を含めた円筒容器 1 の全体が図示しない超伝導磁石内に配置されている。

## 【 0 0 2 1 】

溶融した  $\text{SnPb}$  合金 4 は円筒容器 1 内において深さ 120 mm まで充填し、銅製電極 2-1 及び 2-2 がそれぞれ 20 mm 浸漬するようにした。そして、図示しない超伝導磁石から 8 T の磁場を印加するとともに、外部交流電源 3 より 2000 Hz、75 A の交流電場を印加した。 $\text{SnPb}$  合金 4 の電気伝導度  $\sigma$  は  $10^6 \sim 10^7 \text{ S/m}$  であり、密度  $\rho$  は  $10^4 \text{ kg/m}^3$  程度であるから、磁場及び電場を上記のように設定することによって上記 (1) ~ (3) 式を満足していることが分かる。このような状態を保持しながら、 $\text{SnPb}$  合金 4 を  $0.1 \text{ K/sec}$  なる冷却速度で凝固させた。

## 【 0 0 2 2 】

上記のようにして得た  $\text{SnPb}$  合金の凝固組織を調べたところ、円筒容器 1 の

上側において凝固した S n P b 合金、及び円筒容器 1 の下側において凝固した S n P b 合金は、それぞれ 1 m m 以下の大きさの組織を有していることが判明した。

#### 【0 0 2 3】

また、円筒容器 1 内の下部に設けた圧力センサによって、溶融した S n P b 合金中を伝播する波の圧力を測定したところ、前記波の圧力は外部交流電源 3 から印加される交流電場の電流値にほぼ比例することが判明した。したがって、上記のような凝固過程において、溶融した S n P b 合金内ではアルフベン波が生成され、このアルフベン波が伝播されたことが推察される。

#### 【0 0 2 4】

##### (比較例)

磁場及び電場を印加せず、溶融した S n P b 合金内に振動を伝播させなかった以外は、実施例と同様にして前記溶融 S n P n 合金を凝固させた。このようにして得た S n P b 合金の凝固組織を調べたところ、円筒容器 1 の上側において凝固した S n P b 合金の凝固組織、及び円筒容器 1 の下側において凝固した S n P b 合金の凝固組織はそれぞれ粗大化されていることが判明した、そして、特に円筒容器 1 の下側において凝固した S n P b 合金は、数 m m 程度までその凝固組織が拡大していることが判明した。

#### 【0 0 2 5】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。

#### 【0 0 2 6】

##### 【発明の効果】

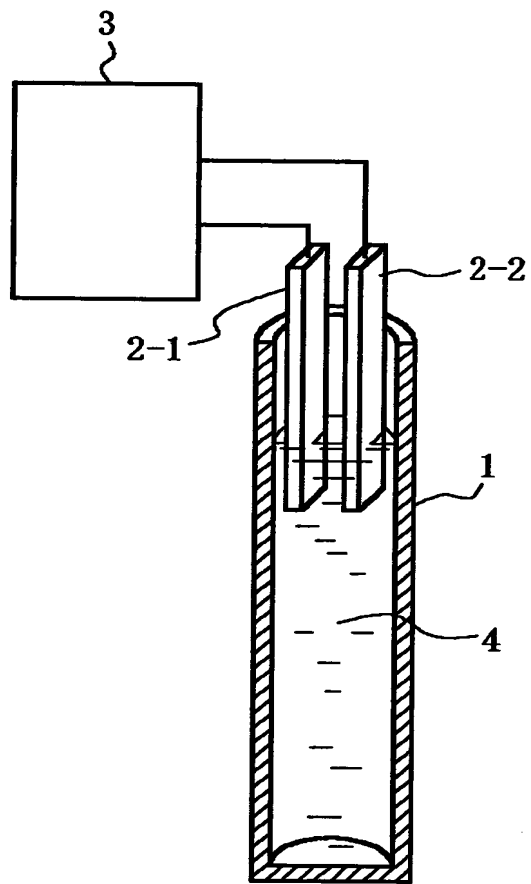
以上説明したように、本発明によれば、磁場と波動とを所定の条件を満足するように印加するのみで、大規模かつ複雑な装置を用いることなく導電性流体に振動を生成し、伝播させることができる。したがって、本発明の導電性流体への振動伝播方法によれば、種々の工業的用途への応用が可能であり、例えば、溶融して得た液体金属などの凝固組織制御法などとして好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の導電性流体への振動伝播方法によって、S n P b 合金を凝固させる場合に用いた装置図である。

【書類名】 図面

【図 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 工業的大規模に実現することが可能な、液体金属への新規な振動伝播方法を提供する。

【解決手段】 磁場印加方向に対して垂直な方向の導電性流体長さを $l_{\perp}$  (m)、 $\delta = (2 / \sigma \mu \omega)^{1/2}$ 、及び $\lambda_{\parallel} = 2 \pi B / \omega (\rho \mu)^{1/2}$ とした場合において、

$$l_{\perp} > \delta \quad (1)$$

及び

$$\lambda_{\parallel} > \delta \quad (2)$$

( $\sigma$  : 導電性流体の電気伝導度 (S/m)、 $\mu$  : 透磁率 (H/m)、 $\omega$  : 印加する波動の角周波数 (rad/s)、 $B$  : 印加する静磁場の大きさ (T)、 $\rho$  : 導電性流体の密度 (kg/m<sup>3</sup>)) なる条件を満足するように、導電性流体に対して所定の磁場及び所定の波動を印加して、前記導電性流体内に所定の振動を生成させ、伝播させる。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号 特願2002-198474  
受付番号 50200995531  
書類名 特許願  
担当官 第五担当上席 0094  
作成日 平成14年 7月 9日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 391012224  
【住所又は居所】 愛知県名古屋市千種区不老町（番地なし）  
【氏名又は名称】 名古屋大学長

【代理人】

申請人

【識別番号】 100072051  
【住所又は居所】 東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階  
【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】 100059258  
【住所又は居所】 東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階  
【氏名又は名称】 杉村 暁秀

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391012224]

1. 変更年月日 1991年 1月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 愛知県名古屋市千種区不老町（番地なし）  
氏 名 名古屋大学長